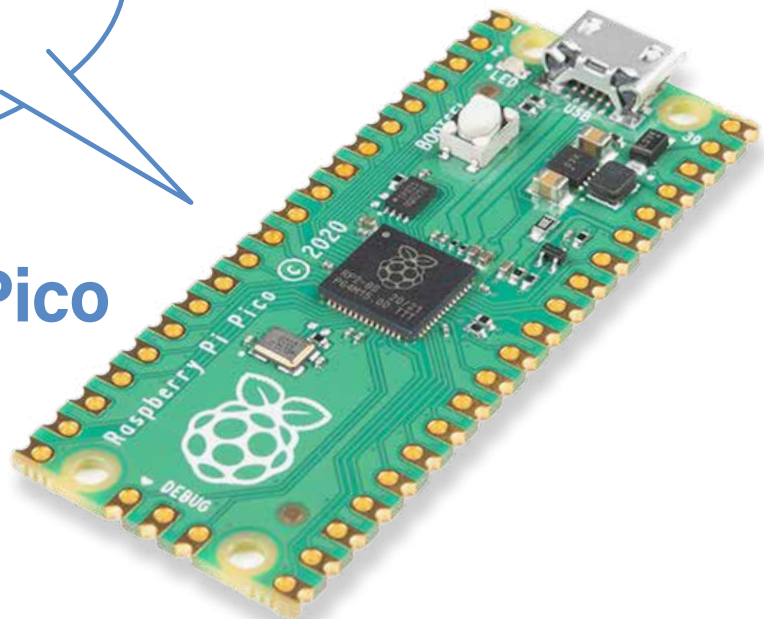


Hello
World

van de Raspberry Pi Pico en RP2040

de eerste microcontroller
en -chip van Raspberry Pi



Avra Saslow (USA)

De Raspberry Pi Foundation heeft een revolutionair toekomstgericht product ontwikkeld: een Raspberry Pi-microcontroller en -microcontrollerchip die MicroPython en C/C++ uitgebreid ondersteunen. Welkom in de nieuwe wereld van Raspberry Pi... de Raspberry Pi Pico en de Raspberry Pi RP2040 microcontrollerchip!

De Raspberry Pi Pico (**figuur 1**) is de perfecte tool als u minder complexe projecten hebt die één programma tegelijk uitvoeren en niet de omvang en de kracht van een complete Raspberry Pi nodig hebben, maar u niet wilt overstappen naar een Arduino. Hij gaat vergezeld van zeer grondige documentatie voor zowel de MicroPython Software Development Kit (SDK) als de C/C++ SDK. Als u dus gewend bent te programmeren in Python, of uw Arduino-kennis kan gebruiken voor C++ (Arduino is een variant van C++), dan zou de Pico wel eens uw nieuwe favoriete microcontroller kunnen worden.

Kennismaking met de Raspberry Pi Pico

Laten we eerst eens een blik werpen op de technische specs!

De gloednieuwe RP2040 microcontrollerchip is ontworpen door Raspberry Pi. De naam RP2040 is opgebouwd uit de initialen van de Foundation, gevolgd door

het aantal processorkernen (2), het type processor (M0+), de hoeveelheid RAM ($\log_2(\text{ram}/16\text{k})$) en ten slotte de hoeveelheid flash ($\log_2(\text{flash}/16\text{k})$). **Figuur 2** maakt de naamgeving duidelijk.

➤ De chip heeft zowel een UF2-boot om de microcontroller te kunnen flashen met firmware via USB (drag&drop-programmeren) als floating point-routines. Hij is uitgerust met Dual Cortex M0+ processorkernen met een flexibele klok die tot 133 MHz gaat. Gekoppeld aan een high-performance busmatrix, kunnen beide kernen tegelijk op vol vermogen draaien. Deze prestaties zouden uiteindelijk machine learning met TensorFlow voor MicroPython mogelijk kunnen maken. Hij heeft een grote hoeveelheid intern RAM (264 KB SRAM), maar maakt gebruik van externe flash (2 MB onboard flash-geheugen), waardoor de gebruiker kan kiezen hoeveel geheugen er nodig is.

- Sleep- en low-power sleep modi.
- Een ingebouwde USB die als device en als host kan fungeren.
- Diverse digitale periferie: 2x UART, 2x I²C, 2x SPI, maximaal 16 PWM-kanalen, een vier-alarm-timer en een real-time counter.
- 30 multifunctionele General Purpose IO's (vier kunnen worden gebruikt voor ADC), zoals te zien in **figuur 3**.
- Een temperatuursensor.
- 8 programmeerbare IO (PIO) toestandsmachines voor periferie-ondersteuning op maat. Op de meeste microcontrollers moet men 'bit-bangen', wat betekent dat u de hoofdkern moet gebruiken om de pinnen direct aan en uit te zetten. Dat werkt weliswaar, maar kan timingproblemen veroorzaken (vooral bij gebruik van interrupts) en kan veel rekenkracht 'vreten' die u voor andere dingen nodig hebt. De programmeerbare I/O, of de 2 PIO-blokken die vier toestandsmachines hebben,



kunnen worden gebruikt om data te verwerken die in en uit de Pico komt, en om de belasting voor het implementeren van communicatieprotocollen te reduceren.

➤ En nog een véél meer!

Wat de software betreft, wordt de RP2040 ondersteund met zowel C/C++ als MicroPython cross-platform ontwikkelomgevingen, inclusief eenvoudige toegang tot runtime-debugging. Hoewel de Raspberry Pi Pico niet noodzakelijkerwijs een grote verandering in de computing-benchmarks betekent, is de documentatie voor zowel de RP2040 als de Pico qua technische diepgang ongeëvenaard, omdat die door de Raspberry Pi Foundation is geschreven.

Al deze specificaties maken de Raspberry Pi Pico zo krachtig en uitbreidbaar, dat de naam “Pico” (klein) daar nauwelijks recht aan doet. Hij sluit aan bij alles wat Raspberry Pi eerder heeft geproduceerd – zowel qua omvang als qua toegankelijkheid in termen van technische mogelijkheden en kosten. De Raspberry Pi Foundation betreedt de microcontrollermarkt met een echte knaller!

MicroPython installeren op de Pico

Het is u misschien opgevallen dat de taalondersteuning van de Raspberry Pi naar Raspberry Pi Pico is gewijzigd van Python in MicroPython. De reden hiervoor is dat

Listing 1. Terminal-commando's om MicroPython te installeren.

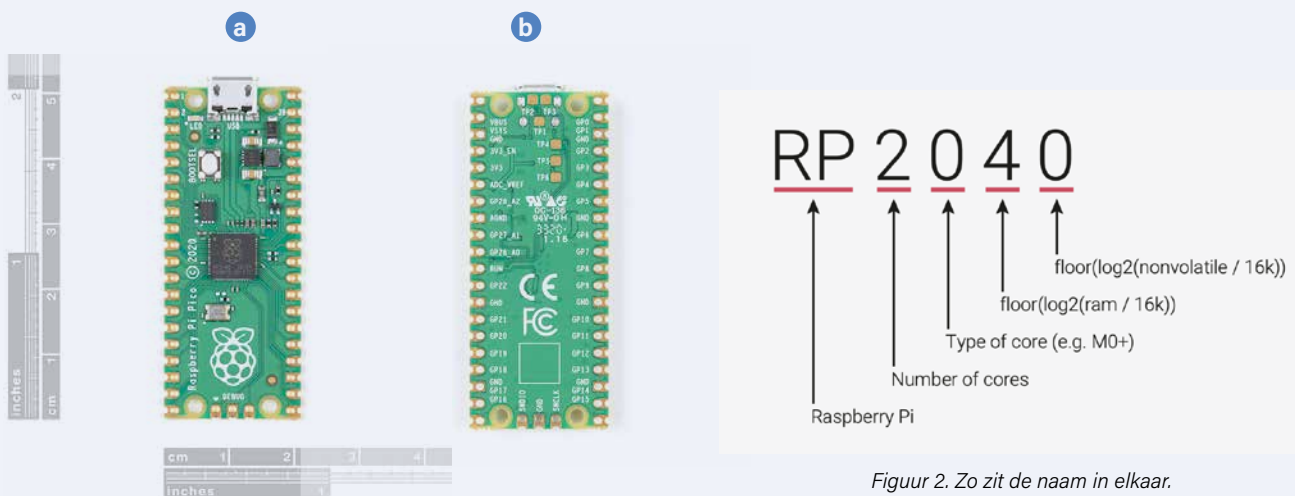
```
echo „Terminal commands for installing MicroPython“;
echo „Obtaining MicroPython“;
cd ~/;
mkdir pico;
cd pico;
git clone -b pico git@github.com:raspberrypi/micropython.git;

echo „Obtain additional tools“;
sudo apt update;
sudo apt install cmake gcc-arm-non-eabi;
echo „Building MicroPython“;
cd micropython;
git submodule update --init --recursive;
make -C mpy-cross;
cd ports/rp2;
make
```

Python teveel resources in beslag neemt om op kleine microcontrollers te draaien; daarom wordt een geportte versie van Python (MicroPython) gebruikt voor microcontrollers zoals de Pico. Die versie is vrijwel identiek aan Python. Hij bevat een subset van alle standaard Python-bibliotheekmodules, zodat slechts een kleine hoeveelheid RAM wordt gebruikt (volgens MicroPython ongeveer 16 K).

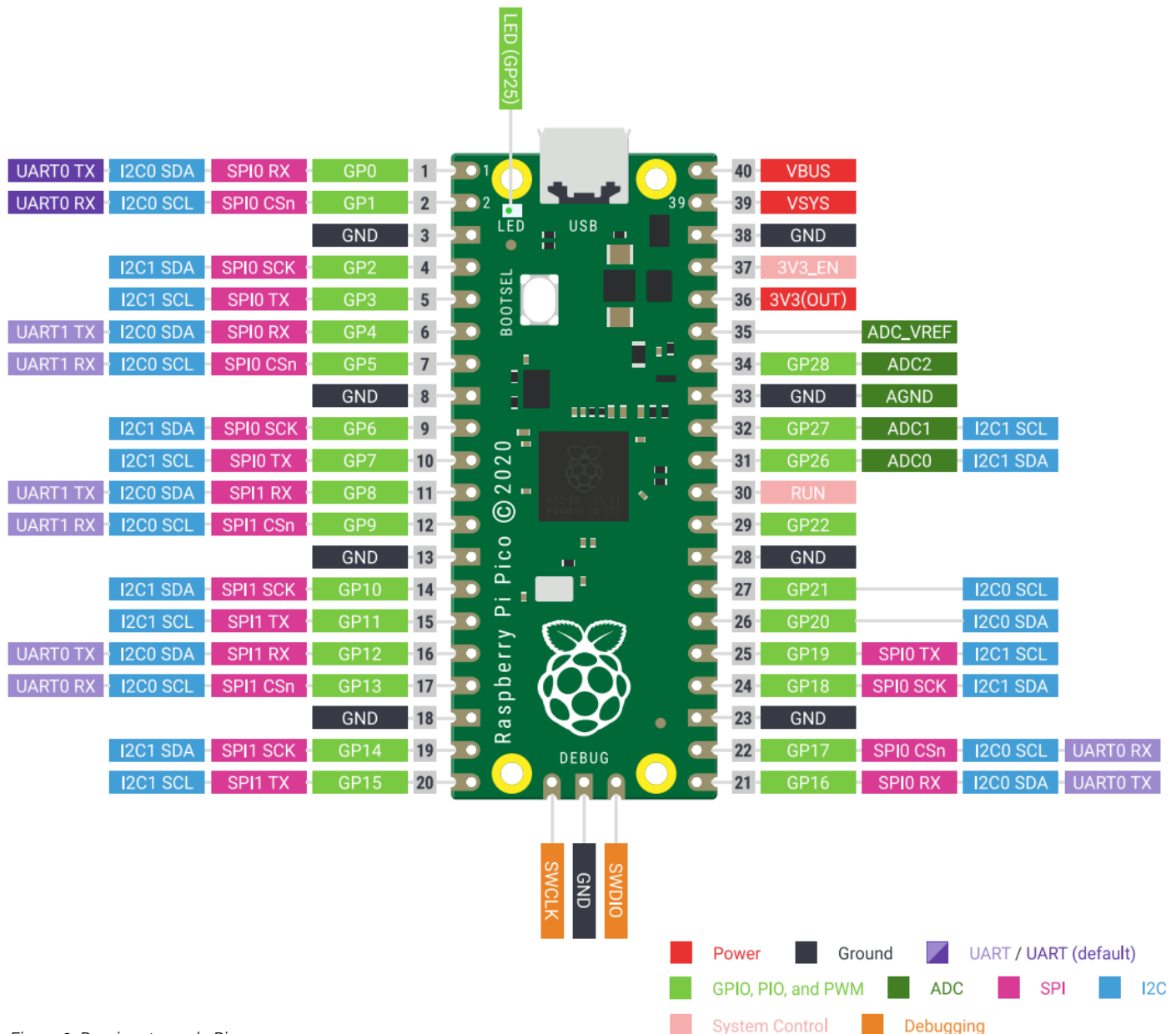
MicroPython aan de praat krijgen op de Raspberry Pi Pico gaat in een paar stappen. Het begint met het klonen van de MicroPython Github-repository en het installeren van CMake en GNU Embedded Toolchain for Arm om bij het bouwen van de software te helpen. De terminal-commando's (geschreven als een shell-script) bouwen de

uitvoerbare programma's en bibliotheken op uit de MicroPython broncode (**listing 1**). Vanaf dat moment verloopt de installatie van de MicroPython-software door middel van drag&drop-programmeren, waarbij u de firmware.uf2 als een USB Mass Storage Device naar het board sleept. U moet de BOOTSEL-knop ingedrukt houden om de USB Mass Storage Device modus in te schakelen. Zodra de firmware op het board is geladen, kunt u verbinding maken met de MicroPython REPL (Read Evaluate Print Loop), wat een eenvoudige manier is om code te testen en opdrachten uit te voeren. Met behulp van voorbeeldcode van Raspberry Pi was ik in staat om eenvoudige code te implementeren die met een timer de onboard LED laat knipperen (**listing 2**).



Figuur 2. Zo zit de naam in elkaar.

Figuur 1a. De Raspberry Pi Pico is een uitkomst als u niet de rekenkracht van een complete Raspberry Pi nodig hebt.
Figuur 1b. De achterkant van de Pico.



Figuur 3. De pinout van de Pico.

Een beetje morsecode?

Maar omdat ik vóór de introductie aan de Pico werkte en die nog topgeheim was, wilde ik wat cryptischer met de Pico communiceren. Dus, voortbouwend op de LED-knippercode, maakte ik een MicroPython-script dat “Hello World” in morsecode uitvoert (**listing 3**). Omdat een knipperende LED niet afgedrukt kan worden, heb ik de vertaling van de morsecode ook naar de terminal gestuurd (**figuur 4**). Inderdaad: Hello World, Raspberry Pi Pico!



Listing 2. Een LED met behulp van een timer laten knipperen.

```
##credit of the Raspberry Pi Foundation
from machine import Pin, Timer
led = Pin(25, Pin.OUT)
tim = Timer()
def tick(timer):
    global led
    led.toggle()

tim.init(freq=2.5, mode=Timer.PERIODIC,
callback=tick)
```



Figuur 4. "Hello World"-morsecode.

Listing 3. Een MicroPython-script dat "Hello World" in morsecode uitvoert.

```
#-----
# Import necessary libraries, connect to on-board LED, set blink rate for LED
#-----

import time
from machine import Pin
led=Pin(25,Pin.OUT)#the LED on the Pico is pin 25
BlinkRate=0.25

#-----
# Functions for the morse code signal durations and the code itself
#-----

def dash():
    led.value(1)
    time.sleep(4*BlinkRate)
    led.value(0)
    time.sleep(BlinkRate)

def dot():
    led.value(1)
    time.sleep(BlinkRate)
    led.value(0)
    time.sleep(BlinkRate)

def pause():
    time.sleep(BlinkRate)

code = {'A':'.-','B':'-...','C':'-.-.','D':'-...','E':'.','F':'.-..','G':'--.','H':'....','I': '..','J':'.---','K':'-.','L':'.-..','M':'--','N': '-.','O': '---','P':'.-.-','Q': '-.-','R':'.-.','S': '...','T': '-','U': '..-','V': '..-','W': '.--','X': '-.-','Y': '-.-','Z': '--..',
'0': '-----','1': '.-----','2': '..---','3': '...--','4': '....-','5': '.....','6': '-....','7': '--...','8': '---..','9': '----.',
'.': '.-.-.-',
',': '--.-.-',
'?': '..-.-.',
'/': '-.-.-.',
'@': '-.-.-.',
' ': ' / ',
}

#-----
# Function that returns morse code sentence from uppercase English sentence
#-----

def convertToMorseCode(sentence):
    sentence = sentence.upper() #make it all caps so that the dictionary
    understands the character
    secretSentence = "" #empty sentence to add to
    for i in sentence: #for each character in the sentence, reference code
    dictionary and change to morse code character
        secretSentence += code[i] + " "
    return secretSentence

#-----
# main function that blinks LED based on morse code sentence
#-----

while True:
    sentence = "Hello World"
    secretSentence = convertToMorseCode(sentence)
    for i in secretSentence:
        if i == ".":
            dot()
        elif i == "-":
            dash()
        else:
            pause()
```

Raspberry Pi : terug in de tijd

Raspberry Pi opende een wereld van fysieke computermogelijkheden toen het in 2012 zijn eerste enkelkaartcomputer uitbracht. Nooit eerder was een gewone PC met zo'n kleine footprint en zo goedkoop gebouwd, maar de Raspberry Pi Foundation bewees dat het kon, en een uitgebreide interactieve set van functies maakte het mogelijk de computer te gebruiken voor meer dan alleen websurfen. Door fysieke computers met een 40-pins GPIO en voorgeïnstalleerde Python mogelijk te maken, doorbrak de Raspberry Pi de kosten- en functiebarrière die geassocieerd was met geautomatiseerde IoT-gebaseerde projecten. Nu kon iedereen met bijna elke achtergrond sensoren en displays aansluiten op de Pi en deze programmeren met Python om getallen te kraken, van meerdere I/O-taken uit te voeren of data weer te geven op een webserver.

De geschiedenis van Python

In de afgelopen tien jaar bleef Python de hoeksteen van de Raspberry Pi. Terwijl fysieke zaken zoals rekenkracht, graphics en I/O in de loop van de tijd werden verbeterd, is de taalondersteuning zelf niet veranderd. Ik denk dat dat deels komt doordat Python zo mooi aansluit bij het open source prototyping-karakter van de Pi. Er zijn tientallen Python-bibliotheken die het mogelijk maken om snel data te verzamelen en te analyseren, of voor machine learning. Net als de uitbreidbaarheid die de GPIO biedt aan de Pi, is Python uitbreidbaar, modulair en flexibel. Webapplicaties zoals Jupyter Notebooks maken een breed scala aan processen in dataverwerking, wetenschappelijke taken en machine learning mogelijk, evenals plugins die nieuwe componenten toevoegen en integreren met bestaande componenten. Het is dus geen verrassing dat Python zo goed bij de Raspberry Pi paste.

Introductie van de SparkFun RP2040- producten!

De Raspberry Pi Pico is gebouwd rond de krachtige RP2040, en dus zijn de meeste specs van de Pico te danken aan de technische eigenschappen van die chip. Bij SparkFun hebben we drie nieuwe boards met de RP2040 ontwikkeld die gebruikmaken van alle fysieke rekenfuncties die de chip te bieden heeft, evenals de C/C++ en MicroPython cross-platform ontwikkelomgevingen.

Bovendien hebben we onze eigen kleine SparkFun-innovatie toegevoegd aan de bestaande boards voor de RP2040. De boards die we in eigen beheer hebben ontworpen zijn:

- SparkFun RP2040 Thing Plus (figuur 5)
- Pro Micro RP2040 (figuur 6)
- MicroMod RP2040-processorboard (figuur 7)

Al deze boards hebben acht maal zoveel flash als de Pico. 16 MB flashgeheugen is meer dan genoeg voor het offline opslaan van data! Met deze hoeveelheid flashgeheugen op elk board is machine learning met TensorFlow met de RP2040 absoluut haalbaar. De boards hebben ook alle technische kenmerken van de RP2040 gemeen, waaronder:

- Twee ARM Cortex-M0+ processoren (max. 133 MHz)
- 264 KB embedded SRAM in zes banken
- Zes speciale IO voor SPI-flash (ter ondersteuning van XIP)
- 30 multifunctionele GPIO: speciale hardware voor veelgebruikte periferie; programmeerbare IO voor uitgebreide ondersteuning van periferie; en vier 12-bit ADC-kanalen met een interne temperatuursensor
- C/C++ en MicroPython cross-platform ontwikkelingsondersteuning met eenvoudige toegang tot runtime debugging en UF2-boot.

Elk van deze door SparkFun gebouwde RP2040 microcontrollers heeft zijn eigen individuele voordelen, dus laten we er eens een blik op werpen.

SparkFun RP2040 Thing Plus

De SparkFun RP2040 Thing Plus is gebouwd op basis van een Feather-footprint, met 18 GPIO-pinnen, en is een uitstekend board voor projecten die mobiliteit vereisen of een volledige set periferie hebben. Hij is uitgerust met een JST single-cell connector voor

een LiPo-accu met zowel een laadschakeling als een laadtoestand-sensor. Hij heeft ook een slot voor een microSD-kaart om datalogging of extra opslag mogelijk te maken. De RP2040 Thing Plus is voorzien van een adresseerbare WS2812 RGB LED, JTAG PTH-pinnen, vier montagegaten en natuurlijk een Qwiic-connector, die het opbouwen van prototypes met sensoren en displays een stuk eenvoudiger maakt.

Pro Micro RP2040

De Pro Micro RP2040 is gebouwd op de Pro Micro-footprint en biedt volledige USB-C compatibiliteit. Net als de RP2040 Thing Plus heeft hij een adresseerbare WS2812 RGB-LED, een Qwiic-connector, doorgemetalliseerde halfronde pads en een boot- en resetknop. De doorgemetalliseerde via's maken dit model een uitstekende kandidaat voor projecten als een controller voor computerprogramma's/games of het bouwen van een toetsenbord. Met dit board kunt u bijvoorbeeld een volledig aanpasbaar toetsenbord bouwen, geheel naar eigen wensen en inzichten. Als u inspiratie nodig hebt voor het bouwen van een toetsenbord dat specifieke acties mogelijk maakt, bekijk dan Jason Rudolph's toetsenbordproject: <https://github.com/jasonrudolph/keyboard>.

Werkelijk elk randapparaat met speciale I/O kan prima worden geïntegreerd met de Pro Micro RP2040. Bovendien kan alles in de comfortabele MicroPython-omgeving worden gedaan.

MicroMod RP2040-processorboard

Last but not least brengt SparkFun een MicroMod Processor Board uit voor de RP2040. Het MicroMod-ecosysteem is een modulair systeem waarbinnen carrier- en processorboards kunnen worden uitgewisseld. (Ga naar <https://www.sparkfun.com/micromod> voor meer informatie.) Dus in plaats van boards te kopen met een vaste processor of specifieke soorten in- en uitgangen, kunt u met MicroMod tijdens een project nog een andere processor of carrier kiezen. SparkFun heeft al verschillende carrier-boards om de bruikbaarheid van uw projecten te maximaliseren. Bovendien wordt elke carrier geleverd met een Qwiic-connector, zodat u altijd meer sensoren en displays aan het project kunt toevoegen. Vanaf nu bieden de carrierboards meerdere opties voor toepassing van de RP2040.

- ATP (all the pins)
- invoer en display
- datalogging
- machine learning
- weer

Nu kunt u naast de andere processorboards (waaronder de ESP32-, Artemis-, nRF52840- en SAMD51-chips) de RP2040 gebruiken met het MicroMod RP2040 Processor Board. Hierdoor wordt optimaal gebruik gemaakt van de RP2040-chip en kunt u de extra periferie toevoegen die u in uw project nodig hebt. Als u snel aan de slag wilt met de RP2040-chip en wilt zien hoe deze een verscheidenheid aan taken uitvoert, dan is het MicroMod RP2040-processorboard heel eenvoudig om mee te experimenteren en prototypes te bouwen.

Tot slot

Meer dan ooit blijft de Raspberry Pi Foundation krachtige producten creëren die uitmunten door toegankelijkheid en die open source- en creatieve projecten stimuleren. De Raspberry Pi Pico, de RP2040 en alle gerelateerde SparkFun-producten zijn niet alleen voorzien van een ongeëvenaard uitgebreide documentatie, maar vormen ook een platform om met MicroPython innovatieve projecten te

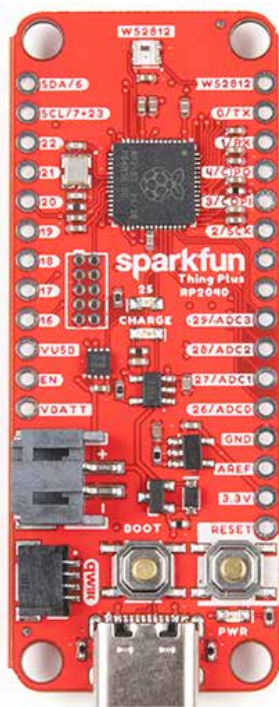
ontwikkelen. De enige vraag is hoe u met de RP2040 wilt beginnen. Met de goedkope Pico? De modulaire prototyping-methode van MicroMod? Of misschien kiest u voor de kleine footprint van de Pro Micro. Of juist een mobiel project met de SparkFun RP2040 Thing Plus. Wat het ook is, zorg ervoor dat u er een krijgt en ga projecten bouwen waarbij u alle mogelijkheden van MicroPython en open source-software gebruikt. Verwelkom uw favoriete nieuwe microcontroller powered by Raspberry Pi!

200711-02



Officiële Raspberry Pi-distributeurs

Bent u geïnteresseerd in Raspberry-producten en RPi-accessoires? Zowel SparkFun als Elektor zijn Officiële Raspberry Pi-distributeurs.



Figuur 5. SparkFun Thing Plus



Figuur 6. SparkFun Pro Micro



Figuur 7. MicroMod RP2040 Processor Board



Gerelateerde producten

Bent u op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel genoemd zijn? Elektor en SparkFun staan voor u klaar!

> **MicroMod RP2040 Processor Board**
www.elektormagazine.nl/esfe-en-rpico1



> **Raspberry Pi Pico Microcontroller Board**
www.elektormagazine.nl/esfe-en-rpico3



> **Pro Micro RP2040**
www.elektormagazine.nl/esfe-en-rpico2



> **SparkFun RP2040 Thing Plus**
www.elektormagazine.nl/esfe-en-rpico4

